

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-236135

(43)Date of publication of application : 29.08.2000

(51)Int. Cl.

H01S 5/0687

H04B 10/14

H04B 10/06

H04B 10/04

(21)Application number : 2000-033057

(71)Applicant : LUCENT TECHNOL INC

(22)Date of filing : 10.02.2000

(72)Inventor : CHRISTIE K MADSEN

JULIAN BERNARD DONALD SOULE

(30)Priority

Priority number : 99 248648

Priority date : 11.02.1999

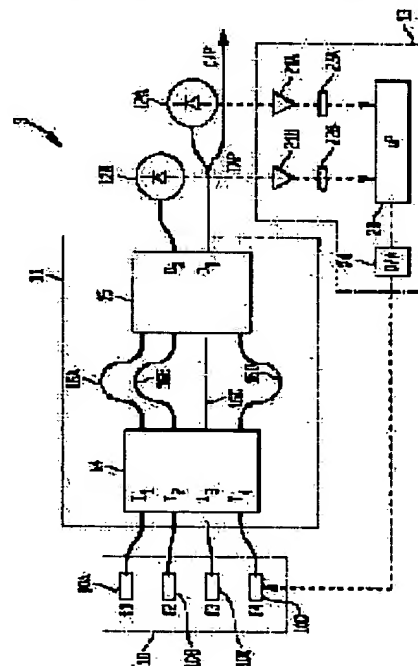
Priority country : US

(54) SELF-MONITORING LIGHT SOURCE FOR OPTICAL COMMUNICATION USING STABLE WAVELENGTH

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To easily provide a variable wavelength light source by providing a variable wavelength light source, a multipath Mach-Zehnder interferometer for receiving a signal from the light source and supplying main output and one or more secondary outputs, and a feed back circuit for adjusting the variable wavelength light source.

SOLUTION: A light source 9 having a stable wavelength includes at least one variable wavelength light source 10, a multipath Mach-Zehnder interferometer (MMZI) 11, a plurality of photodetectors 12A, 12B for monitoring the output of the interferometer 11, and a feed back circuit 13 for adjusting the operation wavelength of the variable wavelength light source 10. The multipath Mach-Zehnder interferometer 11 includes a pair of multi-mode couplers and a plurality of wave guides having different optical paths between the couplers. The variable wavelength light source 10 is preferably constituted by tunable lasers 10A to 10D. A typical feed back circuit 13 uses two photodiodes 12A, 12B as the front ends of the different trans-impedance amplifiers 21A, 21B.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

15.05.2001

[Date of sending the examiner's decision
of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision of
rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998, 2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-236135 ✓

(P2000-236135A)

(43) 公開日 平成12年8月29日 (2000.8.29)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 S 5/0687

H 0 1 S 5/0687

H 0 4 B 10/14

H 0 4 B 9/00

S

10/06

10/04

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願2000-33057(P2000-33057)

(22) 出願日 平成12年2月10日 (2000.2.10)

(31) 優先権主張番号 09/248648

(32) 優先日 平成11年2月11日 (1999.2.11)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 596092698

ルーセント テクノロジーズ インコーポ
レーテッド

アメリカ合衆国, 07974-0636 ニュージ
ャーシー, マレイ ヒル, マウンテン ア
ヴェニュー 600

(72) 発明者 クリスティ ケイ マドセン

アメリカ合衆国 07080 ニュージャーク
イ, サウス プレーンフィールド, ジョ
ン ストリート 436

(74) 代理人 100064447

弁理士 岡部 正夫 (外11名)

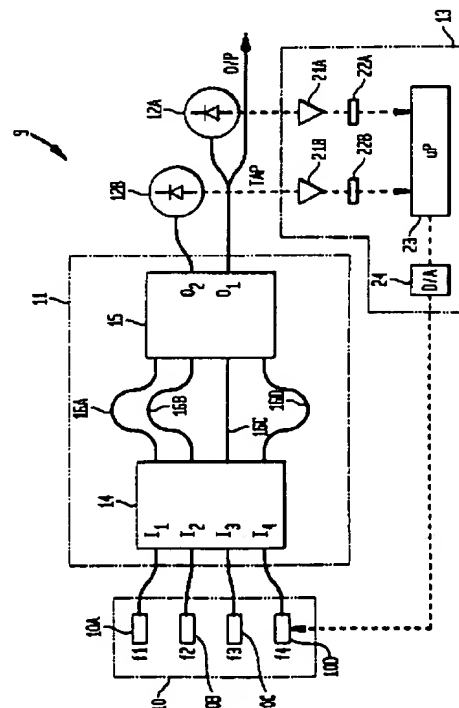
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 安定波長光通信用自己監視型光源

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、光通信システム用の安定波長光を提供する光源に関する。

【解決手段】 本発明によれば、波長可変光源は、少なくとも1つの可変波長光源と、可変波長光源からの信号を受け、主出力と1つ以上の副出力とを提供するマルチパス マッハ=ゼンダー干渉計 (MMZ I) と、出力に応じて、可変波長光源を調整するフィードバック配置とからなる。主出力と1つ以上の副出力に接続された光検出器は、波長安定度を維持するフィードバック情報を提供する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 安定な波長光を提供する光源であって、波長可変光信号源と、
第 1 のマルチモードカップラと、第 2 のマルチモードカップラと、上記カップラ間の少なくとも 3 つの導波路光路とからなり、上記第 1 のカップラは、上記可変光源に光結合された入力をも有し、上記導波路光路は、それぞれ異なる光路長を提供し、上記第 2 のカップラは、複数の出力をも有するマルチパス マッハ＝ゼンダー干渉計と、上記干渉計の少なくとも 2 つの出力に光結合され、上記出力からの光電力測定する複数の光検出器と、
上記光検出器に応じて、上記可変光源の波長を調整してその動作波長を安定化するフィードバック回路とからなる光源。

【請求項 2】 請求項 1 記載の光源において、前記第 1 のマルチモードカップラは、 $N \times N$ マルチモードカップラである光源。

【請求項 3】 請求項 1 記載の光源において、前記第 1 および第 2 のマルチモードカップラは、 $1 \times N$ マルチモードカップラである光源。

【請求項 4】 請求項 1 記載の光源において、前記波長可変光源は、複数の異なる周波数で動作する複数のレーザからなる光源。

【請求項 5】 請求項 1 記載の光源において、前記波長可変光源は、1 個のレーザである光源。

【請求項 6】 請求項 1 記載の光源において、前記多波長光源は、複数のレーザからなり、各レーザは、動作周波数が可変になっている光源。

【請求項 7】 ハイブリッド装置として実行される請求項 1 記載の光源。

【請求項 8】 シリカ導波路基台上で実行される請求項 7 記載の光源。

【請求項 9】 モノリシック装置として実行される請求項 1 記載の光源。

【請求項 10】 $\text{InP}/\text{InGaAsP}$ 導波路基台上で実行される請求項 9 記載の光源。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光通信システム用安定波長光を提供する光源に関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】 光ファイバ通信システムは、膨大な情報量の早い伝送についての大きな潜在力を達成し始めている。本質上、光ファイバシステムは、光源と、光に情報を乗せる変調器と、光信号を運ぶ光ファイバ伝送線と、信号を検出し、信号が運ぶ情報を復調する受信機とからなる。光信号は、典型的に、シリカファイバ内の伝播に有利な波長内にあり、また、その範囲内の波長が異なる複数の波長チャンネルからなる波長分割多重 (WDM) 信号が増えてきてい

2

る。情報は、典型的に、パルス符号変調として信号チャンネルに乗せられている。

【0003】 これらのシステムに用いられる光源では、波長安定性が重要である。企図されたシステムでは、レーザ源は、現場動作の 20 年にわたって動作波長を精密に維持する必要がある。現在最良のレーザでさえ、投影された波長チャンネル間隔が要求する狭い波長許容誤差内で動作できることは疑わしい。したがって、波長安定性を高めた光源が必要である。

【0004】 波長測定用 マッハ＝ゼンダー導波路干渉計が提案されている。たとえば、M. Teshima et al., "Multiwavelength simultaneous monitoring circuit employing wavelength crossover properties of arrayed waveguide grating", Electronics Letters, 31, pp.159 5-97 (1995) を参照されたい。しかし、これらの装置では、比較的能率が悪く、大型で、光源に組み込むのが容易ではないという難しさがある。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明によれば、波長が安定な光源は、少なくとも 1 つの可変波長光源と、可変波長光源から信号を受け取り、主出力と 1 つの以上の副出力を供給するマルチパス マッハ＝ゼンダー干渉計 (MMZI) と、出力に応じて可変波長光源を調整するフィードバック装置とからなる。主出力と 1 つ以上の副出力に接続された光検出器は、波長安定性を維持するためのフィードバック情報を供給する。

【0006】

【発明の実施の形態】 本発明の利点、性質および種々のさらなる特徴は、添付図面に関して詳細に説明される実施例の考察に基づいて、より十分に明らかになるだろう。図面は、本発明の概念を示す目的のものであり、グラフを除いて縮尺されていない。

【0007】 図面を参照すると、図 1 は波長安定光源 9 を示す。波長安定光源 9 は、少なくとも 1 つの可変光源 10 と、マルチパス マッハ＝ゼンダー干渉計 (MMZI) 11 と、干渉計 11 の出力を監視する複数の光検出器 12A、12B と、可変光源 10 の動作波長を調整するフィードバック回路 13 からなる。マルチパス マッハ＝ゼンダー干渉計は、一対のマルチモードカップラと、カップラ間の異なる光路長をも有する複数の (3 つ以上) の導波路からなる。各マルチモードカップラは、入力を位相の異なる複数の出力に造る。これらの構成要素は全て、好適には、シリカ被覆されたシリコン基板等のシリカ導波路基台上または内に備えられる。

【0008】 可変波長光源 10 は、好適には、波長可変レーザ 10A～10D の配列である。各レーザは、少なくとも 1 つの異なる周波数 (したがって、少なくとも 1 つの異なる波長チャンネル) の光出力を発生することができる。周波数 f_1, f_2, \dots, f_4 は、好適には間隔が置かれ、望ましい間隔にされた異なる波長光通信チャ

10

20

30

40

50

ンネルを提供する。

【0009】MMZI 11は、好適には、4つの光路長導波路アーム16A～16Dで結合された一対のマルチモード干渉カップラ(MMIカップラ)14および15からなる。MMIカップラは、好適には、シリカ導波路基台に形成された平たい厚板導波路デバイスであり、アーム16A、16B、...には、シリカ内に限定された光導波路が埋め込まれている。これらの埋め込まれた導波路は、典型的には、伝送すべき波長に対して単一モードになるように設計されている。シリカ導波路基台と埋め込まれた導波路の設計は、“Silicon Optical Bench Waveguiding Technology” by Y. P. Li and C. H. Henry, Chapter 8 of Optical Fiber Telecommunications, Vol IIIB (Editors I. P. Kaminov and T. L. Koch) (Academic Press, 1997)に開示されている。

【0010】MMIカップラ14、15は、技術上周知の自己イメージング原理にしたがって、入力ポートで受け取った各信号のイメージを各出力ポートに提供するように設計されている。R. Ulrich in Optical Communications 13, pp. 259-264 (1975)や、L. B. Soldano and E. C. M. Pennings in J. Lightwave Tech. 13, pp. 615-627 (1995)や、M. Bachmann et al. in Applied Optics, 33, pp. 3905-3911 (1994)を参照されたい。MMZIは、異なる光路長を有する導波路で結合されたこれらの2つのカップラからなる。MMZIは、異なる入力ポート I_1, I_2, \dots, I_4 で異なる周波数 f_1, f_2, \dots, f_4 を受け取り、これらの合成出力を主出力ポート O_1 に提供するように設計されている。また、各入力信号の一部は、副出力ポート、たとえば O_2 に提供される。このような周波数依存伝送デバイスの設計は、たとえば、M. R. Param et al., “Design of phased-array wavelength division multiplexers using multimode interference couplers”, Applied Optics, 36 pp. 5097-5108 (1997)に開示されている。

【0011】図1に示されている特定のMMZI 11は、 $N \times N$ (4×4) MMI マッハ=ゼンダー干渉計である。このデザインは、P. A. Besse et al. in “The Integrated prism interpretation of multileg Mach-Zehnder interferometers based on multimode interference couplers”, Optical and Quantum Electronics, 27, pp. 909-920 (1995)で説明されている。

【0012】周波数 f_1 で望ましい動作を行う所定のレーザ、たとえばレーザ10Aに対して、主出力 O_1 に提供されるレーザ出力の割合は、副出力、たとえば O_2 の部分と比較した場合、レーザの実周波数がその動作値 f_1 にどれくらい近いかの関数となる。したがって、それぞれ、 O_1 および O_2 に接続された光検出器12A、12Bは、レーザ波長に関連した電力レベルを監視することができる。次いで、光検出器出力は、レーザ周波数を調整するフィードバック回路13に印加することができ

る。レーザは、好適には、各々の調整時1つずつスキャンされる。

【0013】典型的なフィードバック回路13は、別々のトランスインピーダンス増幅器21A、21Bのフロントエンドとして2個のフォトダイオード12A、12Bを使用する。各増幅器は、その信号をアナログ/デジタルコンバータ(ADC)22A、22Bを介してマイクロプロセッサ23に出力する。マイクロプロセッサ23は、デジタル/アナログコンバータ(DAC)24を介してレーザ10A-10Dを制御する。周波数制御は、熱電冷却素子に印加される電流の調整によるレーザ温度の制御によって達成される。かけがえとして、進歩したレーザデザインの中には、波長調整が、レーザ構造の波長調整電極に印加される電流を変えることにより直接達成することができるものがある。図1に示される2つの光検出器12A、12Bに加えて、第3の光検出器を第3の出力ポート O_3 に使用して、波長の正確さを高めることができる。

【0014】図1は、デジタルフィードバック回路を示してしるが、かけがえとして、直接アナログフィードバックを使用することができる。フィードバック制御回路の実行は、まず、検出器光電流を光検出器12A信号に正規化することを必然的に伴う。

【0015】マルチモード干渉計装置の通過帯域中心を、望ましいレーザ周波数との正確な一致からずらすことが好都合になることがある。これは、干渉計装置のいくつかの実現化が、予測された狭帯域周波数ゼロ点に影響を与えないが、代わりに、レーザの望ましい動作周波数より大きな周波数範囲にわたって広い極小を提供するためである。通過帯域中心をずらすと、信号P2が広い極小から移動し、その結果、P2は、レーザ周波数がその望ましい動作値から偏移した時、測定可能に変わる。P1/P2の評価は、この偏移の感度基準を与え、フィードバック制御の作動により、レーザ周波数の正確な維持が可能になる。

【0016】図2は、1つの入力における入力信号に対する装置11の異なる出力から送信される相対電力を示すグラフ図である。伝達関数は、所定の出力ポートと単一入力ポートに対して周波数が周期的になる。異なる出力ポートから発する相対電力の認識は、入力信号の周波数の決定を可能にする。周期性により与えられる制限内で、光検出器12A、12Bで受けた相対電力は、レーザ周波数を正確に反映しており、フィードバック制御を用いてレーザ周波数を必要な許容誤差内に維持することができる。

【0017】典型的なアプリケーションでは、配列されるレーザの順序と、マルチモード干渉計のデザインは、レーザが望ましい周波数で動作した時、主出力からの送信が実質的に最大になるようになっている。この出力信号の決まったわずかな一定部分が、タップされ、光検出

5

器 12A に送られ、電力レベル P1 として測定される。残りの部分は出力としてとどまる。副出力ポートからの電力は、第 2 の光検出器 12B に送られ、P2 として測定される。レーザ周波数とその望ましい値に近い場合は、第 2 の光検出器からの信号は小さくなる。レーザ周波数は、レーザと干渉計における実際の不完全さによって決定される。信号 $P1/P2$ の比を測定することにより、その望ましい値からのレーザ周波数の偏移を決定することができる。この偏移に関するスレショルド最大値を決定し、この値がスレショルド以上になる時にレーザ動作周波数を変えるようにフィードバックメカニズムを確立することによって、レーザ周波数をその望ましい値の極めて近くに維持することができる。

【0018】光検出器 12A だけによる測定は、レーザ出力電力の減少またはレーザと干渉計 11 間の結合効率の減少に備えて監視する。

【0019】他のアプリケーションでは、レーザ 10A ~ 10D のうちの 1 つ以上が、複数の異なる周波数で動作する。この場合は、レーザは、まだ配列の順番になっているが、MMI 装置は、レーザが発している望ましい周波数にかかわらずレーザ電力の実質的に一部分を通過させるようなより広い通過帯域を持つように設計される。主出力ポートからの電力のわずかな一定部分がタップされ、光検出器で P1 として測定される。副ポートに送られた電力は、第 2 の光検出器に通され、P2 として測定される。このようにして、望ましい周波数のレーザ動作に対応する測定比 $P1/P2$ が決定され、調整用の最大および最少スレショルドでひとまとめに扱われる。

【0020】図 2 から、望ましい周波数に対応する $P1/P2$ 比は唯一ではないことがわかる。たとえば、図 2 において、出力 1 および 4 からの電力は、図で表される周波数期間内で 4 つの周波数値において同一比を持っている。しかしながら、周波数に対する出力電力レベルの変化の様子は、各々の場合で異なっている。レーザ周波数がわずかに変化するにつれて、電力信号が増加しているか減少しているかを調べることにより、レーザ周波数を唯一的に決定することができる。

【0021】他の実施例では、可変波長光源 10 は 1 個のレーザからなり、第 1 の MMI カップラーは $1 \times N$ マルチモードイメージングカップラーとすることができる。これは、非常にコンパクトな装置を提供する。

【0022】図 1 の光源は、ハイブリッド集積またはモノリシック集積で形成することができる。ハイブリッド

6

集積を用いた実現化は、個々の構成要素の最も効果的な最適化を可能にする。モノリシック集積による実現化は、コンパクト化と容易な容器化を提供する。ハイブリッド実現化では、マルチモード干渉計は、典型的に、レーザと光検出器から分離した材料システムから形成される。シリカの平たい導波路構造を含むシリカ基台が好適である。この場合は、レーザ素子と光検出器を基台に搭載することができる。干渉計を含む導波路システムは、導波路構成要素の屈折率の温度依存にしたがって温度依存する周波数伝送を提供する。典型的なシリカ導波路基台の場合には、この感度は、約 0.01 nm/C である。したがって、導波路構造の温度制御は、高い波長安定度のために使用することができる。

【0023】モノリシック方法では、結合構造の干渉計部分は、一定の知られている温度に維持されるべきであるが、フィードバック回路は、レーザ周波数の制御を提供する。干渉計と導波路構成要素は、レーザおよび光検出器と同じ材料システムで、たとえば、 InP/InGaAsP 半導体基板で形成することができる。 InP/InGaAsP 導波路基台上に実現された $4 \times 4 \text{ MMI}$ マッハ=ゼンダー波長マルチプレクサは、C. van Dam et al. in European Conference on Integrated Optics, ECIO '94. Conference Proceeding, pp. 275-79, (1994) に開示されている。

【0024】上述したテシマ等の装置と対照されるように、本発明では、干渉計のマルチパスで接続された平たい導波路領域は、自己イメージングの原理に基づいて動作するマルチモードカップラである。これは、入力光が接続導波路の入り口上に直接投影されるので、出力への入力信号の伝送時により効率的な干渉計を提供する。また、信号の相対位相が良好に決定されるので、この装置は、知られている干渉計特性でより容易に製作することができる。さらに、この装置は、よりコンパクトな構造も提供する。

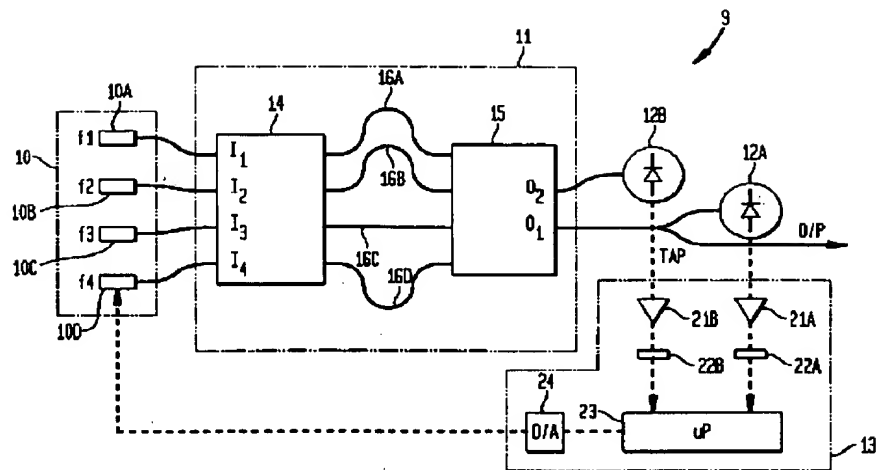
【0025】上述の実施例は、本発明の原理の応用を提供することができる多くのあり得る特定の実施例のうちのいくつかのみの例示であることが理解されるべきである。多くの変更された他の配置は、本発明の精神および範囲から逸脱することなく当業者によって容易に工夫され得る。

【図面の簡単な説明】

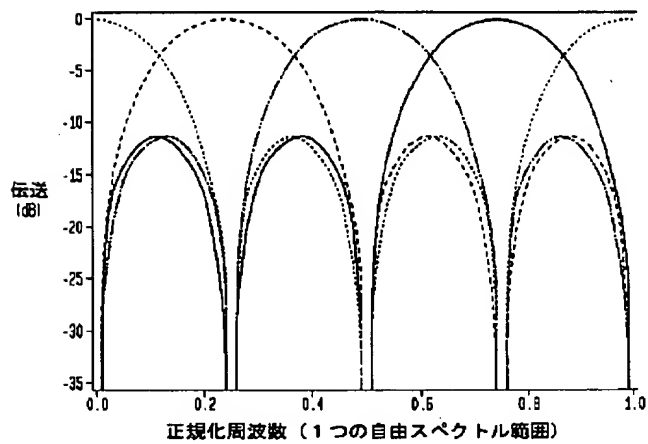
【図 1】波長安定光源を示す図である。

【図 2】図 1 の装置の出力から送信される相対電力を示すグラフ図である。

【図1】



【図2】



-----	出力ポート1
————	出力ポート2
.....	出力ポート3
————	出力ポート4

フロントページの続き

(72)発明者 ジュリアン バーナード ドナルド スー
 ル
 アメリカ合衆国 08837 ニュージャージー
 イ, エジソン, パークウッド コート 5